

RESUMEN DE DATOS

LOCALIZACIÓN

Fecha y hora	Martes, 10 de marzo de 2007; 11:42 h UTC¹
Lugar	Aeródromo de Casarrubios del Monte (Toledo)

AERONAVE

Matrícula	N1271B
Tipo y modelo	COLUMBIA 350
Explotador	Privado

Motores

Tipo y modelo	TELEDYNE CONTINENTAL MOTORS (TCM) IO-550-N
Número	1

TRIPULACIÓN

Piloto al mando

Edad	41 años
Licencia	Piloto privado de avión (PPL(A))
Total horas de vuelo	693,55 h
Horas de vuelo en el tipo	29,7 h

LESIONES

	Muertos	Graves	Leves/ilesos
Tripulación			1
Pasajeros			
Otras personas			

DAÑOS

Aeronave	Importantes
Otros daños	No hubo

DATOS DEL VUELO

Tipo de operación	Aviación general – Privado
Fase del vuelo	Carrera de aterrizaje

INFORME

Fecha de aprobación	27 de enero de 2010
---------------------	----------------------------

¹ La referencia horaria utilizada en este informe es la hora UTC salvo que se especifique expresamente lo contrario. Para obtener la hora local es necesario sumar 1 hora a la hora UTC.

1. INFORMACIÓN SOBRE LOS HECHOS

1.1. Descripción del suceso

El día 10 de marzo de 2007 la aeronave Columbia 350 (actualmente Cessna 350) de matrícula N1271B, realizaba un vuelo desde el Aeropuerto de Cuatro Vientos (LECU) hasta el Aeródromo de Casarrubios (LEMT). A bordo iba sólo el piloto. Unos 15 minutos después del despegue, sobre las 11:42 h, el piloto procedió a realizar el aterrizaje en el aeródromo de destino. Durante la carrera de aterrizaje, una vez las tres ruedas se hallaban sobre el terreno y el piloto comenzó a aplicar frenos, según la declaración de éste, la aeronave realizó un giro brusco a la derecha. El piloto corrigió entonces con el pie izquierdo y la aeronave se empezó a desviar hacia la izquierda, volviendo el piloto esta vez a corregir en sentido contrario. La aeronave comenzó a vibrar fuertemente. El piloto aplicó frenada diferencial para contrarrestar las desviaciones de la aeronave, pero la vibración no finalizó hasta prácticamente el final de la pista, cuando la aeronave se detuvo por completo.

El piloto resultó ileso.

La aeronave sufrió la pérdida de la carena derecha del tren al final del recorrido, aunque una vez en plataforma el piloto comprobó que, aparte de otros daños, lo más significativo era que la cola de la aeronave mostraba una gran grieta del revestimiento en la parte inferior del fuselaje con deformaciones dirigidas en diagonal hacia la parte superior (véase Figura 1).



Figura 1. Detalle de los daños apreciables en el carenado de la rueda derecha y en la cola

1.2. Información personal

El piloto contaba con una licencia de piloto privado de avión (PPL(A)) estadounidense emitida por la Federal Aviation Administration (FAA) y licencia JAR-FCL emitida por la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) de España, ambas válidas y en vigor, así como certificado médico de clase 3 de la FAA y certificado médico de clase 2 JAR-FCL ambos válidos y en vigor.

En cuanto a la experiencia en vuelo, el piloto tenía un total de 693,55 h de vuelo en el momento del incidente, de las cuales 29,7 h eran en el tipo (10,4 de ellas en simulador). En total el piloto había realizado con esa misma aeronave 24 aterrizajes previos al del incidente.

El vuelo correspondiente al del incidente era el primer vuelo del día.

1.3. Información de la aeronave

1.3.1. Información general

La aeronave Cessna 350 (anteriormente Columbia 350 y según los registros de la aeronave modelo LC42-550FG) de matrícula N1271B con S/N 42529 es una aeronave monomotor de plano bajo y tren triciclo fijo con capacidad para cuatro plazas. Está equipada de un motor TCM modelo IO-550-N (S/N 689121) con 310 HP y una hélice Hartzell modelo PHC-J3YF-1RF/F7491D1 (S/N FP4647B).

La estructura del fuselaje es semimonocasco, construida de material compuesto, constituido, en su mayoría, en núcleo de panal de abeja con dos capas exteriores de fibra de vidrio. En aquellas áreas donde se requiere mayor resistencia y rigidez (largueros principales) se añade a la estructura capas de fibra de carbono.

Esta aeronave está certificada según los requisitos de la norma FAR 23 «Estándares de Aeronavegabilidad para aeronaves de categoría normal, utility, acrobática o conmutter».

Tenía Certificado de Aeronavegabilidad para categoría Utility emitido por la FAA el día 30 del noviembre de 2006 y Certificado de Matrícula estadounidense emitido por la FAA el día 22 de noviembre de 2006. La aeronave contaba con el Certificado del seguro así como la Licencia de estación de aeronave, ambos en vigor.

Los registros de mantenimiento contemplaban la primera revisión de 50 horas practicada con fecha de 22 de febrero de 2007 en España con un total de 44,20 h reales, en la cual se contemplaba en uno de sus puntos la comprobación de la presión de los neumáticos.

En el momento del incidente la aeronave tenía 50,60 h en total.

1.3.2. Estructura de la cola

La estructura interna de la cola de la aeronave consta de dos elementos principales:

Mamparo de antena (*Antenna Bulkhead*). Es un elemento estructural que proporciona resistencia a cortadura lateral y a torsión. Está unido al mamparo de equipaje posterior, a ambos lados del fuselaje y al refuerzo vertical de cortadura.

Refuerzo vertical de cortadura (*Vertical Shear Web*). Es el principal refuerzo estructural a cortadura en el estabilizador vertical. Está pegado a ambos lados del fuselaje, y junto con el mamparo de antena y el mamparo de NAV conforma el estabilizador vertical.

La rotura se produjo en la unión de ambos elementos (mamparo de antena y refuerzo vertical de cortadura) (véase Figura 2).

1.3.3. Estructura del tren de aterrizaje

La estructura básica del tren de aterrizaje de este modelo según el Manual de Mantenimiento es la siguiente:

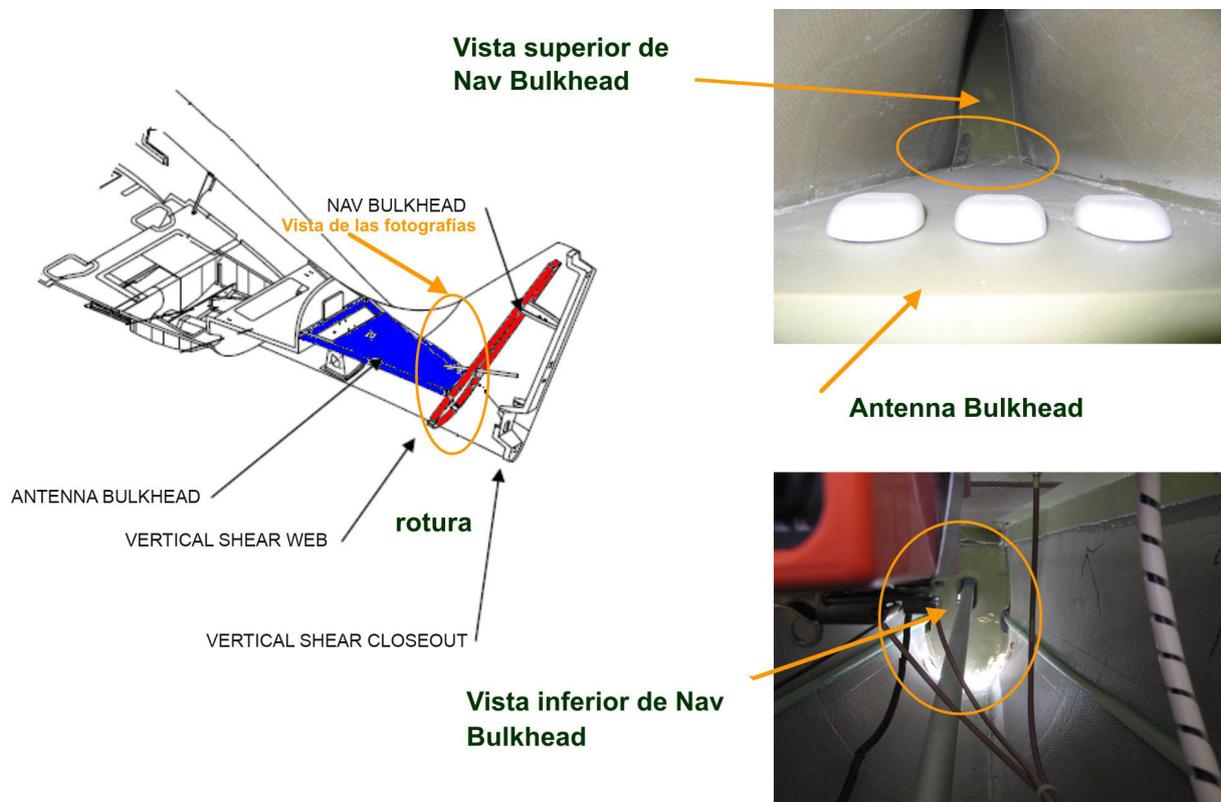


Figura 2. Detalle de la estructura de la cola

Diseño

El Columbia 350 tiene una configuración de tren de aterrizaje triciclo fijo. El tren principal está construido con tubos de acero de alta resistencia unidos al fuselaje mediante una bancada soldada de acero.

Entre las patas y la bancada existen unos casquillos de aleación de cobre con una capa en la cara interior de teflón para evitar el desgaste y la corrosión en la pata. En la cara exterior se extiende una capa de adhesivo que une esta superficie con la pared interior de la bancada del tren. Según el fabricante, la función final de los casquillos es soportar las cargas no axiales en las patas del tren de aterrizaje principal. La bancada principal del tren está directamente anclada a la estructura del fuselaje. La aeronave tiene frenos en las ruedas principales.

La rueda de morro no tiene dirección, para dirigir la aeronave se utiliza el *frenado diferencial* de los frenos del tren principal, y la rueda de morro gira libremente.

Durante el montaje de las ruedas del tren principal es importante determinar la convergencia/divergencia (θ) y la inclinación (α) de éstas.

- La convergencia/divergencia es el ángulo entre el eje de la rueda y el plano vertical perpendicular al plano de simetría de aeronave.
- La inclinación es el ángulo entre el eje de la rueda y el plano horizontal perpendicular al plano de simetría de aeronave.

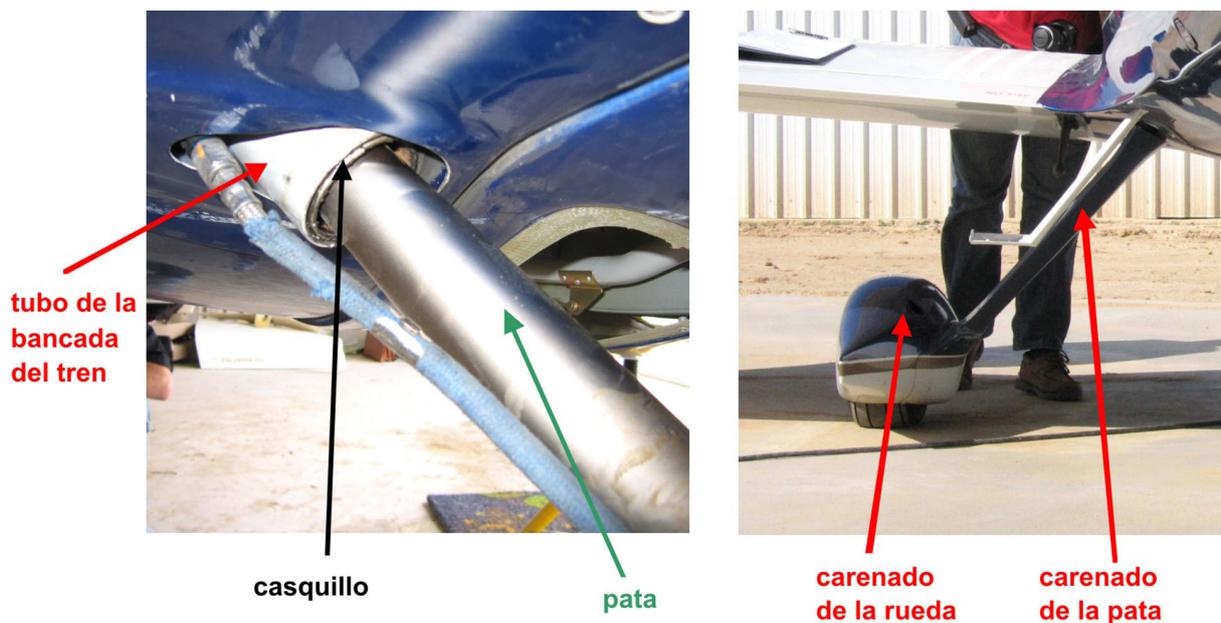


Figura 3. Detalle de la estructura del tren

Estas medidas se establecen con todas las ruedas en el suelo, en una superficie de baja fricción.

En el Manual de Mantenimiento se establecen tolerancias en cuanto a la inclinación (*camber*) y la convergencia/divergencia (*toe-in and toe-out*). Éstas se deben cumplir con los casquillos (*bushings*) correctamente instalados.

Servicio y Mantenimiento

La bancada del tren es un componente estructural importante y debería ser inspeccionado cada 100 h o anualmente por desgaste y corrosión. Para ello hay que quitar los carenados de las patas y la pata, inspeccionar los tubos de cogida de las patas de la bancada por corrosión y desgaste y, si existe superficie de corrosión, pulir ligeramente la cara interior del tubo de cogida de las patas utilizando una lija cilíndrica.

El casquillo, en la parte inferior del tubo de cogida, también debería ser inspeccionado por excesivo desgaste y cambiado si fuera necesario. Cuando se cambie el casquillo hay que limpiar minuciosamente la superficie interior del tubo de cogida de las patas e instalar éstas con el componente retenedor Loctite 675² y dejar que éste realice un curado completo antes de instalar la pata.

1.4. Declaración del piloto

El piloto declaró que ese día se disponía a realizar un vuelo solo, desde Cuatro Vientos a Casarrubios. Las condiciones atmosféricas eran CAVOK con viento suave del Noreste. El combustible a bordo era de un poco menos de media capacidad en ambos tanques. Al acercarse al aeródromo de destino realizó la aproximación con normalidad cubriendo los tramos del circuito de viento en cola izquierdo, base y final a la pista 08 de Casarrubios (LEMT). La velocidad indicada en final era de 80 kt y utilizó full flap. El aterrizaje fue normal y tras apoyar las tres ruedas, y empezar a frenar la aeronave (aproximadamente 100 m después del contacto con el terreno), la aeronave viró bruscamente a la derecha y empezó a deslizar a la izquierda originándose una vibración. Según su declaración, pudo controlar ese primer bandazo aplicando freno diferencial, sobreviniendo a continuación otro bandazo en sentido contrario y así sucesivamente tres o cuatro veces más, tiempo durante el que la vibración y el traqueteo se hicieron enormes, de tal forma que al empezar los bandazos pudo subir los flaps para aumentar la efectividad de la dirección, pero no pudo accionar la palanca del control de la mezcla para parar el motor.

² Según el Manual de Mantenimiento entregado al propietario junto a la aeronave.

La vibración cesó cuando la aeronave perdió casi toda la velocidad, unos cien metros antes del final de la pista; entonces rodó la aeronave hasta la salida y al pisar el freno derecho para girar, la pata derecha del tren volvió a vibrar. Durante este rodaje vio que había perdido una de las carenas de las ruedas, por lo que lo puso en conocimiento del tráfico entrante.

Posteriormente, pensando que el único daño sufrido era la carena, rodó hasta la plataforma, y cuando bajó de la aeronave se percató del daño que sufría la cola.

El piloto también comentó que en el vuelo inmediatamente anterior al del incidente (6 días antes), tras un vuelo de unas tres horas, al aterrizar en el Aeropuerto de Cuatro Vientos (LECU) la aeronave también dio un bandazo a la derecha al iniciar la frenada y empezó a vibrar, pero tras corregir esa actitud, la deceleración fue normal y pudo rodar hasta la plataforma sin mayor problema, por lo que no le dio importancia.

1.5.- Información de aeródromo

El Aeródromo de Casarrubios es un aeródromo privado situado en la provincia de Toledo de coordenadas N 40° 14' 06'', W 04° 01' 53'' cuya elevación es de 2.050 ft. Posee una pista asfaltada de orientación 08/26 con una longitud es de 986 m y 26 m de anchura (véase Figura 2). En el sentido del aterrizaje (pista 08) del incidente la longitud de pista disponible era de 636 m debido a que el umbral 08 está desplazado.



Figura 4. Vista aérea del Aeródromo de Casarrubios (LEMT)

1.6. Inspección de la aeronave

La aeronave se encontraba estacionada en su hangar habitual ubicado en este aeródromo. En esta primera inspección visual se observaron los siguientes daños en la aeronave:

- Rotura del revestimiento en la parte inferior de la cola con deformaciones permanentes del fuselaje en la zona adyacente y ascendentes en un ángulo aproximado de 45° con respecto al eje longitudinal de la aeronave.
- Rotura de la estructura interior en la misma zona (véase Figura 2).
- Deformación del panel inferior central del fuselaje a la altura de la bancada del tren principal de aterrizaje con rotura de algunos de los tornillos de anclaje de este panel al fuselaje.
- Grietas en ambas ventanillas traseras de la aeronave
- Falta del carenado correspondiente a la rueda derecha del tren principal de aterrizaje y daños en el carenado de la pata con rozaduras en la zona de anclaje del carenado de la pata al fuselaje.
- Daños en los carenados de ruedas y pata del tren principal izquierdo con rozaduras en la zona de anclaje del carenado de la pata al fuselaje, sin rozaduras entra las ruedas y sus carenas o en la parte inferior del éstas por contacto con el terreno.

Por las huellas dejadas por la aeronave en la pista, se observaba un comportamiento anormal del tren, por lo que se decidió realizar una inspección con mayor nivel de detalle a esta estructura. Al retirar fácilmente el carenado de la pata derecha debido a la ausencia del carenado de rueda (véase Figura 3) se pudo observar claramente que el casquillo situado entre el tubo de la bancada del tren y la propia pata no se encontraba en su alojamiento (véase Figura 5). Se procedió a observar la otra pata y, aunque, con más dificultades puesto que el propio carenado lo



Figura 5. Detalle del casquillo de la pata derecha desplazado de su alojamiento

impedía, se comprobó que igualmente, el casquillo se hallaba en la misma condición que el derecho, fuera de su alojamiento.

En una segunda inspección organizada a petición del fabricante asistieron técnicos expertos de éste, la CIAIAC, un experto en estructuras de apoyo a la CIAIAC y la unidad de Certificación de la DGAC como autoridad nacional de aeronavegabilidad y aeronavegabilidad continuada. Con esta inspección se pretendía determinar daños y posibles causas a un nivel más profundo.

Se realizaron las siguientes actuaciones sobre la aeronave:

- Comprobación de daños en la bancada del motor y en el propio motor.
- Comprobación uno a uno de los pernos que sujetan el ala al fuselaje para observar posibles deformaciones evidentes y daños en la estructura, mediante inspección visual.
- Eliminación del revestimiento interior de la cabina para observar posibles deformaciones en la estructura.
- Inspección del tren de morro.

No se apreció anomalía significativa aparente alguna en ninguna de ellas.

- Comprobación de la presión de los neumáticos apreciando diferencias significativas: La presión de los neumáticos con respecto a la nominal era la siguiente:
 - Rueda de morro al 77,5% de su presión nominal.
 - Rueda principal izquierda al 66% de su presión nominal.
 - Rueda principal derecha al 68,5% de su presión nominal.
- Comprobación de la holgura en el alojamiento de las patas, con y sin casquillos, midiendo el desplazamiento en el extremo del eje de la rueda horizontal y verticalmente. A simple vista no se apreciaba diferencia significativa pero la posterior comparación de los resultados con los nominales aportó la siguiente diferencia:

	RH con casquillos	LH con casquillos	RH sin casquillos	LH sin casquillos
Vertical	0,2 cm	0,2 cm	0,5 cm	0,3 cm
Longitudinal	0,35 cm	0,3 cm	0,7 cm	0,5 cm

- Toma de medidas de diámetro interior del tubo de la bancada de tren, diámetro exterior de la pata, espesor del casquillo y contraste con medidas nominales.
 - El máximo juego posible con las dimensiones especificadas por el fabricante era de 0,016 pulgadas.
 - El juego a partir de las medidas tomadas en la inspección de la aeronave era de 0.03125 pulgadas, del orden del doble del especificado.
- Desmontaje del tren principal siguiendo en líneas generales los puntos de la inspección después de una toma dura (*post hard landing*) incluida en el Manual de Mantenimiento.
- Desmontaje y comprobación del sistema de frenos no identificando anomalía ni defecto alguno, ni en componentes, ni en nivel y presión de hidráulico.
- Se comprobaron los anclajes de las patas a la bancada del tren no apreciando anomalía significativa alguna.

1.7. Huellas en la pista

Las huellas dejadas en la pista por los neumáticos de la aeronave (véase Apéndice A) mostraban un primer tramo de rodadura continua que se iba desviando desde el eje de la pista hacia la izquierda. Posteriormente las huellas iban realizando una oscilación continua en su rodadura hasta el momento en que se volvieron huellas discontinuas, con cambio de ángulo con respecto al eje longitudinal de la aeronave y no paralelas, sino con cierto desfase, como si el avión hubiera estado «saltando» alternativamente con una rueda y otra. Había una zona de arena en la pista en la cual se comprobaba que el avión no había rodado y se observaban tres huellas perfectamente diferenciadas (véase Figura 6).

Las marcas de las huellas abarcaban una longitud de unos 260 m aproximadamente y finalizaban a unos 100 m del final asfaltado de pista.



Figura 6. Detalle de huellas en la arena y en el asfalto

1.8. Investigación

Se solicitó información al fabricante sobre diferentes aspectos relacionados con la aeronave. El fabricante informó que los modelos de Columbia 300-350 y 400 compartían fuselaje y estructura similar con diferencias en cuanto a equipación y, en el caso particular del modelo 400, la instalación de un motor turboalimentado. También informó de que todas las estructuras pasaban diferentes test de tipo estático, sobrecarga

estática, de caída dinámica, de fatiga, de vibración en tierra y de vuelo, aparte de otros test con objeto de la certificación de la aeronave.

Según el historial de la aeronave del incidente, en el Libro de Registros de Fabricación (*Aircraft Build Records*), aparecían reflejadas no conformidades durante el proceso de fabricación, anteriores a la entrega de ésta. En este documento aparecían, entre otros, los siguientes aspectos:

- Retoque y reparación del material compuesto de varias zonas del fuselaje, debido a los impactos de granizo de una importante tormenta acaecida mientras la aeronave se encontraba en el exterior de las instalaciones de la fábrica, a la espera de su entrega al propietario. Según el plano de daños, uno de estos retoques estaba localizado en la cola, en las proximidades de la zona de rotura correspondiente al incidente. El fabricante informó de que el daño localizado en la cola debido a la tormenta de granizo era estético y que éste no había afectado a la resistencia de esa zona.
- Cambio de los casquillos del tren principal debido a un uso erróneo del adhesivo a utilizar.

1.8.1. *Cambio de adhesivo en los casquillos*

El fabricante informó de que el adhesivo utilizado para sujetar los casquillos a la bancada del tren se había cambiado. Aunque en el Manual de Mantenimiento se hacía referencia al adhesivo Loctite 675, la última revisión del Manual de Mantenimiento contemplaba la utilización de un nuevo adhesivo, Loctite 638, que era el que realmente tenía aplicado la aeronave afectada, según la información contemplada en el «Libro de Registros de Fabricación» de ésta. El motivo del cambio, según el fabricante, era que el nuevo adhesivo proporcionaba una mayor resistencia y era menos sensible a la preparación de la superficie para reinstalar los casquillos, así como a la técnica utilizada para su instalación. El cambio de Loctite 675 a Loctite 638 se produjo en febrero de 2004. A pesar de que la entrega de la aeronave se realizó en 2006, el Manual de Mantenimiento aportado al propietario no reflejaba la utilización de este nuevo adhesivo en esa aeronave, aunque sí aparecía en los registros de no conformidades del fabricante. Ninguna nota aclaratoria o anexa había sido aportada al propietario para hacer constar esta diferencia de la aeronave con respecto a su Manual de Mantenimiento.

En agosto/septiembre de 2007, en el foro de la página web de Columbia, se registraron casos de propietarios/pilotos que mostraban su preocupación ante algunos casos de comienzo de desplazamiento de estos casquillos. Algunos reconocían que habían sido advertidos por los mecánicos de mantenimiento durante diversas inspecciones (en la inspección anual, antes de la inspección de 100 horas) y que éstos últimos manifestaban que era común encontrar que los casquillos comenzaran a desplazarse. Uno de los afectados declaraba que durante el carreteo oyó un sonido detrás del asiento y que uno

de los casquillos se había soltado. El suceso ocurrió al realizar una frenada brusca para girar hacia un lado.

El fabricante informó que no había cargas impuestas en los casquillos en ningún escenario de vuelo o aterrizaje en el cual esa aeronave estuviera certificada, que pudiera causar el desplazamiento de los casquillos. La función de los casquillos era para evitar a largo plazo el desgaste inapropiado de la pata y para proporcionar confort en cabina.

Posteriormente se informaría de un nuevo cambio de adhesivo, Loctite 660, para asegurar una unión más resistente. Después del cambio de 675 a 638 se habían notificado un par de casos más de suelta de casquillos pero según el fabricante no se tenía constancia de la aparición de nuevos casos desde la aplicación del Loctite 660.

1.8.2. *Estudio de la presión de los neumáticos*

Como consecuencia de las bajas medidas de presión de los neumáticos, obtenidas durante la inspección de la aeronave, se procedió a proporcionar a éstos la presión nominal establecida en el Manual de Mantenimiento. Semanas más tarde (simulando el periodo de tiempo entre la fecha de la inspección de las 50 horas y la fecha del incidente) se volvió a comprobar la presión, no apreciándose pérdidas significativas.

1.8.3. *Estudio de las holguras observadas en el tren por la falta de casquillos*

Se realizaron varias consultas al fabricante sobre la influencia en el comportamiento del tren de las holguras existentes por la falta de casquillos, con respecto a las medidas nominales.

Según el fabricante, el juego existente entre la pata y bancada del tren debido a la falta de los casquillos no afectaba de forma adversa a las tolerancias especificadas en el Manual de Mantenimiento (véase apartado 1.3.3):

- El desplazamiento vertical podría causar un cambio en el valor de la inclinación. Según el fabricante, considerando que la pata pudiera pivotar sobre su anclaje superior, esto correspondería a una deflexión angular de $0,14^\circ$. Los registros de la aeronave mostraban que la inclinación original medida en el momento de fabricación fue de $2,2^\circ$ en la rueda izquierda y $2,1^\circ$ en la derecha. Un aumento de $0,14^\circ$ resultaría en inclinaciones dentro de tolerancias de diseño ($1,3^\circ$ - $3,3^\circ$), por lo que incluso sin el casquillo, según el fabricante, la inclinación estaría dentro del diseño.
- El desplazamiento hacia delante o hacia atrás de la rueda podría causar cambios en la convergencia/divergencia. El mayor desplazamiento se observó en la rueda derecha y fue de 0,7 frente a 0,35 con casquillo instalado. Esto daría un desplazamiento máximo de 0,35 cm. Según el fabricante, considerando que la pata pudiera pivotar

sobre su anclaje superior, esto correspondería a una deflexión angular de $0,17^\circ$. Los registros de la aeronave mostraban que la convergencia/divergencia original medida en el momento de fabricación fue de $0,44^\circ$ en ambas ruedas. Un aumento de $0,17^\circ$ resultaría en medidas todavía dentro de rango de diseño ($0,25^\circ$ - $0,75^\circ$), según el fabricante.

1.8.4. *Estudio del juego existente entre tubo de la bancada y pata con casquillo instalado*

El máximo juego permitido, según el fabricante, entre el tubo de la bancada y la pata con casquillo instalado era de 0,016 pulgadas; el medido en la aeronave del incidente fue de 0,03125 pulgadas, aproximadamente el doble.

Los datos de las Hojas de Datos Técnicos de los diferentes tipos de adhesivos utilizados (Loctite 638 y 660) muestran que las separaciones entre elementos de unión pueden ser de 0,01 pulgadas con el Loctite 638 y 0,02 pulgadas con el Loctite 660 (la separación nominal era de 0,016 pulgadas). El rango de temperatura permitido aumentaba con el Loctite 660 hasta incluir los -50° .

El fabricante informó que la diferencia entre estas separaciones reales y las requeridas para la utilización y actuación del adhesivo no eran apreciables puesto que el diseño del casquillo era de un anillo seccionado y sobredimensionado, permitiendo una acción de muelle creando de esta forma una tolerancia muy baja.

Por otro lado, se consultó al fabricante cómo los ciclos de calor-frío acaecidos durante el traslado de la aeronave desde Oregón a España podrían haber afectado al comportamiento del adhesivo. El fabricante no consideró importante este factor, dado que las tolerancias en las holguras estaban dentro del diseño (véase apartado 1.8.3).

Las Hojas de Datos Técnicos mostraban que el adhesivo 660 no era más resistente que el 638 como afirmaba el fabricante (la resistencia a cortadura bajo compresión tras curado de 24 horas según ISO 10123 era de 23 N/mm^2 (del Loctite 660) frente a 25 N/mm^2 (del Loctite 638)). El criterio utilizado por el fabricante para seleccionar el nuevo adhesivo era que la viscosidad de éste último era mayor y evitaba que el adhesivo se saliera fuera del tubo de la bancada.

1.8.5. *Acciones emprendidas por el fabricante*

El fabricante informó, a petición de la CIAIAC, que se habían ocasionado más casos de suelta de casquillos debido a una inapropiada preparación e instalación de éstos. El Departamento de Integridad del Producto (*Product Integrity Board*) había estado

investigando la suelta de casquillos y había establecido los siguientes cambios para mejorar la retención de éstos en su alojamiento:

- Se había advertido a los técnicos que debían hacer una adecuada preparación de la superficie antes de la instalación de los casquillos.
- Se había cambiado el tipo de adhesivo utilizado de Loctite 638 a 660 para asegurar una unión más resistente.
- Se informó de que se había emitido un Boletín de Servicio Obligatorio (SB-07-005A) en el cual se requería la inspección de los casquillos en la inspección anual o la de las 100 horas siguientes. Si los casquillos se encontraban desplazados en esta inspección se tenía que instalar unos nuevos con el Loctite 660. Posteriormente también se pudo comprobar que en la última versión del Boletín de Servicio SB-007-005C (7 de abril de 2008) el P/N de los casquillos también se había cambiado. Según el fabricante no hay cambios en la instalación forma o función entre los casquillos antiguos a los recientes. También se había añadido una nueva tarea dentro de la Lista de Chequeo de la Prevuelo, requiriendo a los pilotos que en cada inspección prevuelo comprobaran que los casquillos estaban adecuadamente alojados.
- Por último, el Departamento de Integridad del Producto también estaba examinando varias opciones de ingeniería para mejorar el diseño.

En enero de 2008 nuevos casos aparecieron en el foro en los que los casquillos se habían encontrado desplazados de su alojamiento. En uno de estos casos el piloto había comenzado a sentir fuertes vibraciones durante la frenada, en la carrera de aterrizaje.

Aunque el fabricante fue consultado sobre estos casos y las circunstancias y consecuencias de cada uno de ellos, no hay respuesta por su parte, sólo se tiene la información extraída del foro.

Posteriormente a la fase de remisión de comentarios de las partes, el fabricante informó de que a principios de 2008 se había implementado en las aeronaves de nueva fabricación un cambio en el diseño de las patas del tren. Este cambio consistía en un resalte que encajaba en el tubo de la bancada y evitaba el desplazamiento del casquillo en caso de que el adhesivo fallara. Este diseño no aplicaba a las aeronaves ya fabricadas aunque estaba disponible si se quería realizar su reemplazamiento.

2. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

2.1. Análisis

2.1.1. Hipótesis consideradas durante la investigación

Durante el desarrollo de la investigación se han considerado varias hipótesis que habrían podido contribuir al incidente.

Toma dura

En un principio se consideró que una toma dura pudiera haber dañado la cola. Aunque el fabricante realizó la inspección *post Hard Landing* sin seguir rigurosamente el procedimiento indicado en el Manual de Mantenimiento, sí se llegó al nivel necesario para poder descartar dicha hipótesis.

Zona de cola dañada

Según los registros de construcción de la aeronave en el Libro de Registros de Fabricación se conoció que la aeronave había sufrido reparaciones debido a daños sufridos tras una importante tormenta de granizo acaecida antes de su entrega al propietario. El fabricante informó de que los daños eran meramente estéticos y que no afectaron a la resistencia estructural de la aeronave. No se ha podido determinar si la trayectoria de la rotura en la cola pasaba por el punto reparado en fábrica antes de la entrega.

Presión de los neumáticos

El fabricante resaltó que los valores de presión que mostraban los neumáticos eran muy bajos. Según su opinión esta baja presión podía desembocar en lo siguiente:

- Los neumáticos se aplastarían de tal forma que serían más anchos en la parte inferior, hecho que reduciría el espacio existente con el carenado de las ruedas, llevando potencialmente a los neumáticos a «agarrarse» a los carenados cuando se experimentaran cargas laterales.
- Los neumáticos tendrían mayor superficie de contacto con el terreno resultando en un aumento de fricción con el terreno.

Durante la inspección se pudo apreciar que los carenados de las ruedas no tenían evidencias de rozaduras con las ruedas, ni que el desgaste de los neumáticos fuera propio de un contacto de mayor área con el terreno. El desgaste de los neumáticos era más o menos homogéneo excepto en algunas zonas donde se apreciaban signos de deslizamiento.

Por otra parte, ni en la inspección visual realizada el primer día por los investigadores de la CIAIAC ni un mes más tarde por los representantes del fabricante, se apreció visualmente una alarmante baja presión de los neumáticos. No fue hasta conocer su medida exacta mediante un manómetro cuando se comenzó a considerar este factor.

Posteriormente la CIAIAC realizó pruebas sobre los neumáticos proporcionándoles la presión nominal y midiendo semanas más tarde (para simular el periodo de tiempo entre la fecha de la inspección de las 50 horas y la fecha del incidente), no apreciándose

pérdidas significativas de presión. Parece entonces razonable que la baja presión de los neumáticos ya estaba presente en los vuelos previos al incidente sin causar vibración alguna durante los aterrizajes.

Operación del piloto

La aplicación de gran frenado diferencial durante la carrera de aterrizaje habría inducido, según el fabricante, una oscilación en la frenada y el posterior bloqueo de las ruedas del tren principal, provocando que la aeronave comenzara a vibrar violentamente.

Las marcas de los neumáticos no tenían signos evidentes de que ambas ruedas hubieran estado bloqueadas deslizando por la pista porque el desgaste era regular. Las huellas sí mostraban que el avión había estado «saltando» primero con una rueda y luego con otra y con variación del ángulo con respecto al eje longitudinal del avión. Había una zona de arena en la pista en la cual se comprobaba que el avión no había rodado y se observaban tres huellas perfectamente diferenciadas (véase Figura 6). La única zona de rodadura homogénea era durante el primer tramo, en el cual la aeronave inició su desviación partiendo desde el eje de la pista, dejando huellas continuas de frenado para posteriormente comenzar una oscilación continua (véase Apéndice A).

Desplazamiento de los casquillos de su alojamiento

El fabricante informó que el juego existente entre la pata y bancada del tren debido a la falta de los casquillos no afectaba de forma adversa a las tolerancias especificadas en el Manual de Mantenimiento (inclinación y convergencia/divergencia) (véase punto 1.8.3).

La tolerancia de diseño especifica los límites para una determinada medida pero no considera la existencia de un rango de valores, es decir, de un juego, que es lo que produce en este caso la falta del casquillo.

Por otro lado, el máximo juego permitido, entre el tubo de la bancada y la pata con casquillo instalado era de 0,016 pulgadas; el medido en la aeronave del incidente fue de 0,03125 pulgadas, aproximadamente el doble.

A pesar de que el fabricante informaba de que este dato no era significativo puesto que se trataba de casquillos seccionados y sobredimensionados (permitiendo el ajuste de éstos con muy poca tolerancia), los requisitos de utilización de los adhesivos establecían que las separaciones entre elementos de unión debían ser de 0,01 pulgadas con el Loctite 638 y 0,02 pulgadas con el Loctite 660 (la separación nominal era de 0,016 pulgadas). Las Hojas de Datos Técnicos mostraban además que el adhesivo 660 no era más resistente que el 638, razón que se establecía como motivo del cambio a Loctite 660 (véase apartado 1.8.4). Por el contrario, el cambio a adhesivo Loctite 660

sí permitía que la separación entre la pared interior de la bancada del tren y pared exterior del casquillo se ajustara a esa separación nominal establecida por el fabricante (0,016 pulgadas).

El fabricante informó de que, a principios de 2008, se había implementado en las aeronaves de nueva fabricación un cambio en el diseño de las patas del tren (que consistía en un resalte que encajaba en el tubo de la bancada y evitaba el desplazamiento del casquillo en caso de que el adhesivo fallara). Se considera que esta acción no asegura que puedan volver a suceder otros casos de suelta de casquillos y sus posteriores consecuencias, ya que el cambio de diseño no aplica a las aeronaves ya fabricadas, aunque esté disponible para su reemplazamiento, por lo que se mantiene la Recomendación emitida al final de este informe.

2.2. Conclusiones

Una vez presentada y analizada la información que se recopila sobre el incidente, se pueden realizar las siguientes conclusiones:

- La aeronave tenía 54,6 h del las cuales 34,5 las había realizado durante el transporte desde la fábrica de Bend (Oregón) hasta Casarrubios (Madrid) para su entrega al propietario.
- A las 44,20 h reales de vuelo se realizó la revisión de las 50 h de la aeronave según el Manual de Mantenimiento.
- La aeronave sufrió grandes vibraciones durante la carrera de aterrizaje con desviación desde el eje de la pista hasta el borde asfaltado sin llegar a salirse y deteniéndose casi al final de ésta. El tren derecho e izquierdo fueron contactando con la pista alternativamente existiendo variación de sus ángulos según el eje longitudinal de la aeronave.
- La aeronave sufrió una rotura en la cola en la unión del refuerzo vertical de cortadura y el mamparo de la antena.
- La aeronave había sufrido reparaciones de material compuesto en su fuselaje por daños por tormenta de granizo, y particularmente en las proximidades de la zona de rotura de la cola.
- Durante distintas inspecciones se encontró que la presión medida de los neumáticos era baja y que los casquillos existentes entre las patas del tren y la cogida a la bancada estaban fuera de su alojamiento.
- En posteriores pruebas realizadas por la CIAIAC se comprobó que los neumáticos no tenían pérdida significativa de presión.
- La baja presión de neumáticos, por tanto, podría haber tenido lugar durante la inspección de las 50 horas, único momento desde la entrega de la aeronave en que se ajustó la presión (según consta en la Orden de trabajo de la revisión).
- El piloto al menos realizó 5 aterrizajes después de esta revisión sin notar ninguna anomalía.

- La función de los casquillos era evitar a largo plazo el desgaste inapropiado de la pata y para proporcionar confort en cabina.
- Las holguras medidas durante la inspección como consecuencia de la falta de estos casquillos estaban dentro de las tolerancias de diseño según el fabricante.
- En el foro de Columbia, en el cual los pilotos comentan sus experiencias con sus aeronaves, se encontraron varios testimonios que hacían referencia a comienzo de desplazamiento de casquillos. En uno de estos casos se relacionaba la suelta de los casquillos con episodios de pérdida de control direccional y vibraciones durante el aterrizaje.
- Se desconoce si en estos casos aparecidos en su foro se había comprobado que la presión de los neumáticos era la adecuada y si los pilotos habían aplicado frenada diferencial causando la vibración.
- El fabricante informó de que el adhesivo utilizado para fijar los casquillos a la bancada había sido sustituido (Loctite 675) y que la aeronave ya no tenía aplicado el que el Manual de Mantenimiento refería, puesto que antes de salir de fábrica se le había aplicado el nuevo (Loctite 638).
- Ninguna anotación de este cambio estaba reflejada en la documentación aportada al propietario y el Manual de Mantenimiento seguía haciendo referencia al antiguo adhesivo.
- El fabricante admitió que había tenido conocimiento de ocasionales pérdidas de casquillos y había cambiado el adhesivo para evitarlo (de Loctite 675 a Loctite 638). Posteriormente informó de otro nuevo cambio de adhesivo (de Loctite 638 a Loctite 660).
- Los datos de las Hojas de Datos Técnicos de los adhesivos 638 y 660 muestran que las separaciones entre elementos de unión pueden ser de 0,01 pulgadas con el Loctite 638 y 0,02 pulgadas con el Loctite 660. La separación nominal entre elementos de unión era de 0,016 pulgadas por lo que esta instalación de casquillos no cumpliría con los requisitos de separación especificados según el Loctite 638, adhesivo aplicado en la aeronave de este incidente.
- Todas las acciones emprendidas por el fabricante (inspecciones, aplicación de nuevos adhesivos, adecuada preparación de las superficies, inspección prevuelo, valoración del diseño...) han sido orientadas a conseguir que los casquillos permanezcan en su alojamiento. De hecho se ha producido una modificación en el diseño de las patas para asegurar la retención de los casquillos en caso de un fallo de adhesión del adhesivo.
- No se ha podido determinar si la resistencia en la zona de rotura de la cola era la de diseño o si ésta pudo verse afectada por algún otro factor (fabricación, tormenta de granizo, reparaciones, etc.).

2.3. Causas

A tenor de la información de la que se dispone, se considera que el incidente se produjo por una gran vibración experimentada por la aeronave desde el momento de aplicación

de frenos durante gran parte de la carrera de aterrizaje, debido a la suelta de los casquillos de las patas del tren de su alojamiento.

La aplicación de frenada diferencial por parte del piloto ante la situación de descontrol de la aeronave pudo agravar la duración y amplitud de la vibración; asimismo la baja presión de los neumáticos pudo contribuir a disminuir la eficacia de la frenada y prolongar la carrera de aterrizaje.

3. RECOMENDACIONES DE SEGURIDAD

Este incidente tuvo lugar debido, principalmente, a un comportamiento anómalo del tren, probablemente agravado por otros factores como la presión de los neumáticos y la actuación del piloto. La presencia de este fenómeno en varios casos más, aunque con distintos grados de intensidad, unida a las actuaciones por parte del fabricante, dirigidas exclusivamente a garantizar la ubicación y función de los casquillos, hacen necesario la emisión de la siguiente recomendación:

REC 02/10. Se recomienda la FAA que obligue al fabricante CESSNA a emprender las medidas necesarias que aseguren la aeronavegabilidad continuada de las aeronaves ya fabricadas que no incorporen las modificaciones del diseño del tren acometidas por el fabricante tras el incidente.

APÉNDICE A
**Huellas de N1271B en la pista
del Aeródromo de Casarrubios**



Figura 7. Vista general de las huellas dejadas por la aeronave en la pista